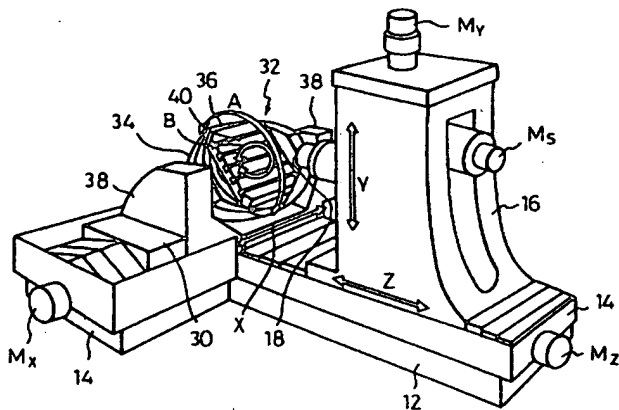
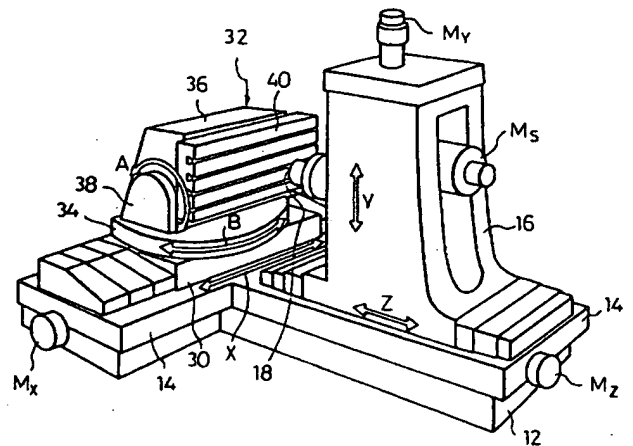


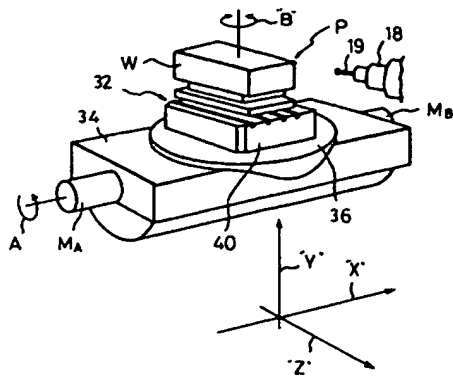
第 1 図



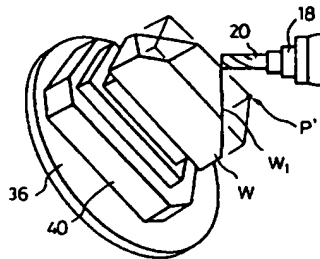
第 2 図



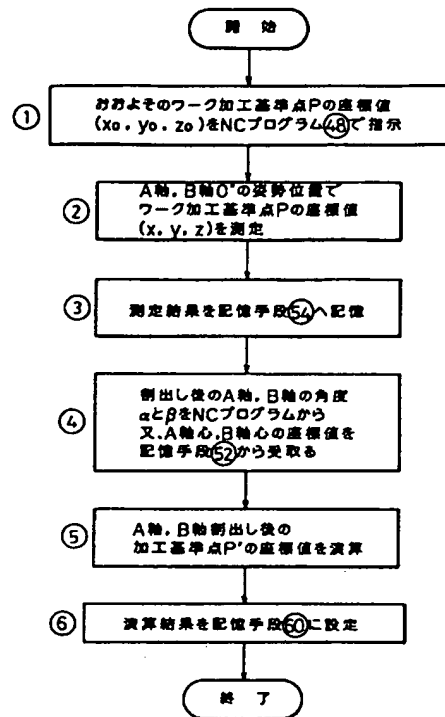
第 3 図



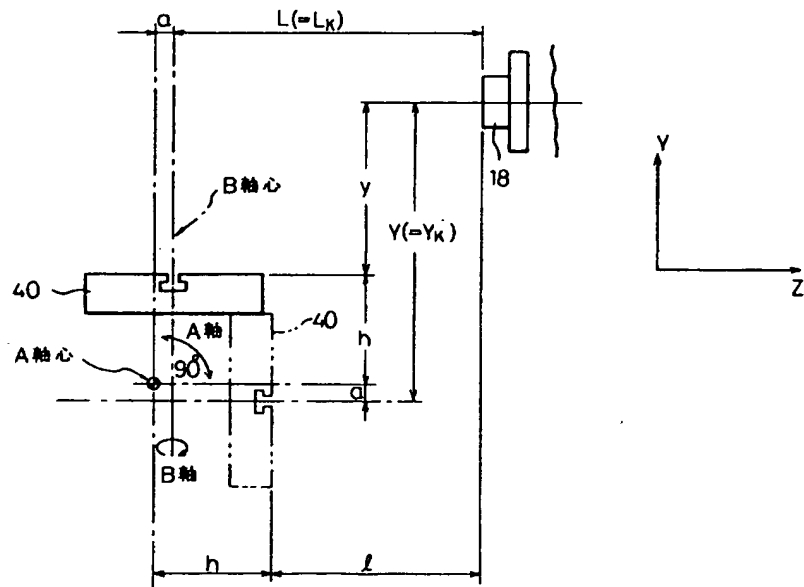
第 4 図



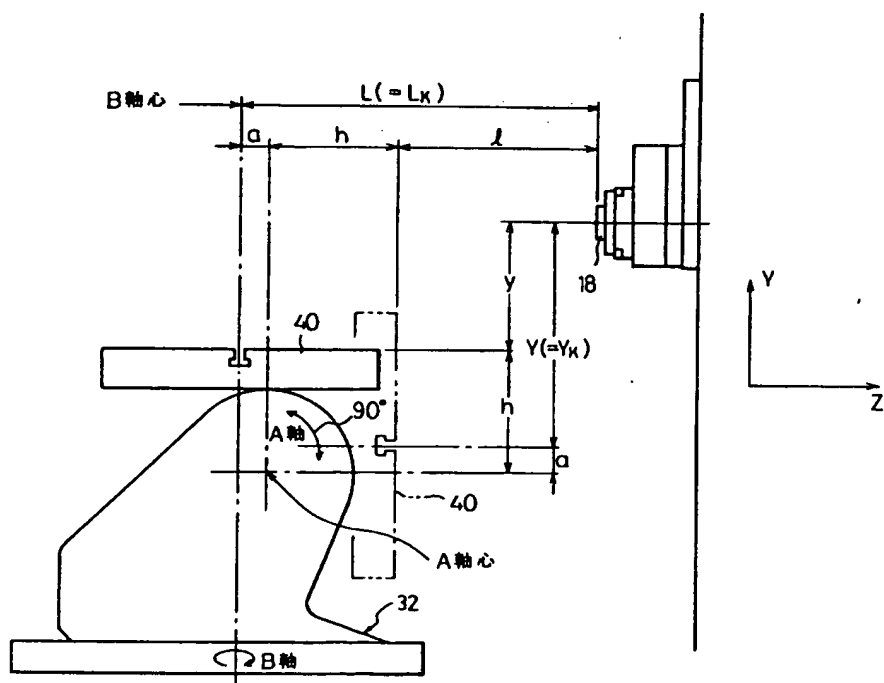
第 5 図



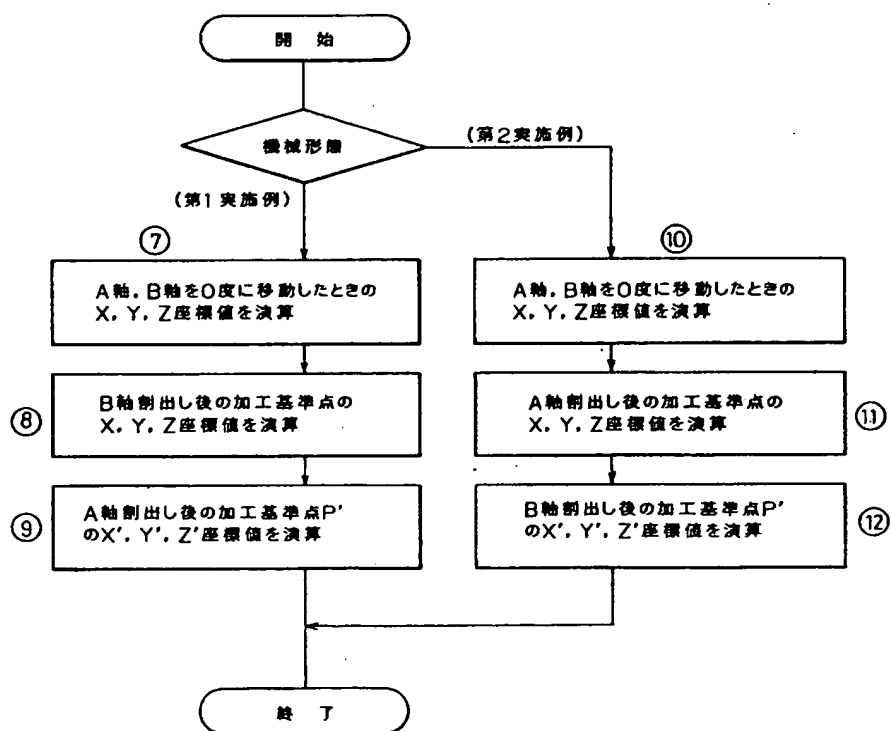
第 8 図



第 6 図



第 7 図



第 9 図

## ⑫ 公開特許公報(A)

平2-279249

⑮ Int.Cl.<sup>3</sup>B 23 Q 15/00  
G 05 B 19/18

識別記号

A  
D  
E

庁内整理番号

7528-3C  
7623-5H  
7623-5H

⑬ 公開 平成2年(1990)11月15日

審査請求 有 請求項の数 3 (全14頁)

⑭ 発明の名称 5軸NC工作機械

⑰ 特 願 平1-99956

⑱ 出 願 平1(1989)4月21日

⑲ 発 明 者 田 沼 匡 史 神奈川県綾瀬市寺尾台2丁目20番16号 綾瀬ハイツ203

⑳ 出 願 人 株式会社牧野フライス 東京都目黒区中根2丁目3番19号  
製作所

㉑ 代 理 人 弁理士 青 木 朗 外4名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

5軸NC工作機械

## 2. 特許請求の範囲

1. 静止場合に設けた直交3軸座標系(X軸、Y軸、Z軸)内で工具主軸とワークテーブルとが相対直線移動可能に設けられると共にその直交3軸座標系内において相互に直角な2軸線周り(A軸、B軸)に前記ワークテーブルが旋回可能に設けられてワークをNCプログラムに従って加工する5軸NC工作機械において、

前記直交3軸座標系内の被測定点のX、Y、Z座標値を測定する測定手段と、

前記直交3軸座標系における前記ワークの旋回用A軸、B軸の2軸心の位置の座標値を予め記憶する第1の記憶手段と、

前記A軸、B軸を所定の姿勢位置に位置決めしたときの前記ワークテーブル上に取付けられたワークの加工基準点位置を前記測定手段によって測定した前記直交3軸座標系における測定座標値を

記憶する第2の記憶手段と、

前記ワークテーブルを前記A軸、B軸の前記所定姿勢位置から予め与えられるワークの加工姿勢位置まで割出し旋回させたときに、その割出し旋回角度と前記第1の記憶手段に記憶された前記A軸、B軸の2軸心の座標値と前記第2の記憶手段に記憶されたワークの加工基準点の測定座標値とから、割出し旋回後の前記ワークテーブル上のワークの加工基準点位置を所定の演算式に従って算出する演算手段と、

前記演算手段で算出されたワークの加工基準点位置を前記NCプログラムの加工原点位置として取込み、前記工具主軸とワークとの間の相対送り量を制御するNC装置とを

具備して構成され、前記ワークテーブルを割出し旋回させることにより加工姿勢位置に設定されたワークをNCプログラムに基づき加工することを特徴とする5軸NC工作機械。

2. 前記ワークテーブルは、前記X軸と平行に設定された前記A軸心周りに旋回可能な第1の旋

回基台と、該第1の旋回基台上に前記B軸心周りに旋回可能な第2の旋回ワーク台とを具備して構成され、前記第1の旋回基台の旋回軸心と前記第2の旋回ワーク台の旋回軸心との2軸心のずれ量を求め、該ずれ量を加味したA、B両軸心の座標値を前記第1の記憶手段に予め記憶させるようにした請求項1に記載の5軸NC工作機械。

3. 前記ワークテーブルは、前記Y軸と平行に設定された前記B軸心周りに旋回可能な第1の旋回基台と、該第1の旋回基台上に前記A軸心周りに旋回可能な第2の旋回ワーク台とを具備して構成され、前記第1の旋回基台の旋回軸心と前記第2の旋回ワーク台の旋回軸心との2軸心のずれ量を求め、該ずれ量を加味したA、B両軸心の座標値を前記第1の記憶手段に予め記憶させるようにした請求項1に記載の5軸NC工作機械。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 〔産業上の利用分野〕

本発明は、数値制御工作機械（以下、NC工作

機械加工分野で多用される傾向にある。この場合に、従来より多用されるNC工作機械は、工具主軸とワークテーブルとが静止場合に設けた直交3軸座標系、即ち、工具主軸の軸心方向（Z軸）、そのZ軸と直交する他の2つの軸線方向（X軸、Y軸）の3軸方向を座標軸とする3次元空間において相対的に送り移動可能に構成され、工具主軸の回転によりワークテーブル上に取付けられた被加工材であるワークにNC加工を自動遂行する構成が一般的である。そして、NC工作機械の工具主軸に装着された所望の工具によってワークテーブル上に取付けられたワークをNC加工するには、当該ワークの特定点を加工基準点に設定し、この加工基準点に関してワークを加工するNCプログラムを予め作成し、作成したNCプログラムに従ってNC加工が遂行される。故に、NC加工の開始に当たっては、まず、ワークテーブル上に取付けられたワークの加工基準点を前記の測定プローブで測定し、測定結果の加工基準点をNC制御装置に設定することにより、当該加工基準点を基準に

機械と言う）に関し、特に、機械の静止場合に設けた直交3軸座標系（X軸、Y軸、Z軸）において工具主軸と被加工ワークが取付けられるワークテーブルとが相対的に直線移動可能な構成にあると同時に同ワークテーブルは上記直交3軸座標系内で相互に直角を成す2つの軸線の周り（A軸、B軸）に旋回可能に設けられ、従って、総合的に3軸方向の直線動作機能と2軸回りの旋回動作機能とを備え、NCプログラムに従って複数の複雑な被加工面を有したワークにNC加工を遂行できる5軸NC工作機械に関する。

#### 〔従来の技術〕

NC工作機械はNCプログラムに従ってワークのNC加工を遂行する機能のみならず、ワークを機械外の位置とワークテーブル上の加工位置との間でパレットを介して自動的に着脱交換する機能や又工具主軸へ所望の工具や必要に応じて測定プローブ等をも自動的に交換する所謂、自動工具交換機能を備えたマシニングセンターとして種々の

して直交3軸座標系において順次に送り動作が行われ、従って、工具主軸に装着された工具はZ軸方向に切削送りされてワークを切削し、孔明けや削り等の所望の機械加工を自動遂行する構成になっている。このような従来の一般的なNC工作機械によりNC加工が行われるときには、通常、ワークの加工面は工具主軸に対する垂直面であり、この垂直面内で加工基準点を加工開始点にして例えば、複数の孔明け加工等をインクレメンタル式に次々と自動的に機械加工を行うものである。然しながら、特殊なワークでは複雑、多数の加工面を有するワーク、例えば、航空機部品などでは種々の傾斜角を有した多数の面を加工しなければならない場合がある。

このような条件のワークでは、NC工作機械のワークテーブル上に傾斜テーブルや削り出しテーブル等を搭載し、機械の直交3軸座標系内でそれらテーブルを更に他の軸線回りに旋回させ、以てワークの特殊な加工面を工具主軸に対して垂直面となる位置に傾斜させたり、削り出し旋回させて

から加工する場合もあったが、特殊で、特に、上記傾斜や倒り出し旋回により、NCプログラムの基準点となる加工基準点が傾いたり、旋回して移動してしまうため、その移動後の加工基準点を測定プローブにより測定する際に測定プローブは工具主軸に装着されて直交3軸方向にしか移動可能でないため、必然的に正前に加工基準点に当接することが不可能、つまり、NC工作機械自体が自動的にワーク加工基準点を自動計測して基準点を設定することは精度上から不可能となる。故に、このような特殊な加工面を有するワークの場合、それ等の加工面を直交3軸座標系における3軸方向の送り移動だけでNC加工が自動的に遂行し得るワーク加工面と共に一辺のNCプログラムに従って連続的にNC加工を行うことは不可能で、加工基準点を人為的に演算し、演算結果をNC装置に設定して別工程でNC加工を遂行する等の制約があった。

から問題があった。

従って、本発明は、直交3軸座標系と共に同直交3軸座標系内で更に他の相互に直角な2つの軸線周りにワークテーブルを旋回可能にした機械的構成を備えると同時に、予め作成されたNCプログラムに従ってNC動作させることにより、複雑な多面を有したワークをも一辺のNC加工工程で連続的に機械加工可能な手段を備えた5軸NC工作機械を提供せんとするものである。

#### 〔課題を解決するための手段〕

本発明は、上述の発明目的の達成に当たり、5軸NC工作機械のワークテーブル上に取付けられた多面形の被加工ワークを加工する場合には、該ワークの加工基準点を例えば、該ワークテーブルのワーク取付け面が工具主軸の軸心と平行又は垂直な姿勢を特定姿勢位置として当該特定姿勢位置で測定手段により測定し、ワークの傾斜した被加工面を工具主軸に垂直な姿勢までワークテーブルをその2つの旋回軸線周りに旋回させたときには、

#### 〔発明が解決すべき課題〕

然しながら、近年は上述のような特殊な傾斜面を加工面とする被加工ワークが種々の分野の製品に出現する傾向にあり、故に、NC加工プログラムに基づいて、複雑な多面を有したワークのNC加工を一辺のNC加工工程に依って遂行し得るようにする要望が増加し、NC工作機械を従来、通常の直交3軸座標系における直線送り移動に加えて、同直交3軸座標系における他の軸周りにワークテーブルを回転駆動源により自動的に旋回可能に構成すると共にこれらのワークテーブルの旋回動作機能が加わった場合にもNC加工プログラムに従って一辺の加工工程により複雑な多面を効率良く連続的にNC加工可能なNC工作機械の提供が願望とされている。そこでワークテーブルは旋回せず、工具主軸がA軸やB軸の旋回軸を有している5軸NC工作機械があるが、これは加工すべき傾斜面に対して主軸が直交する向きに旋回軸を傾けたとしても、工具長さによってNCプログラムを変えなければならず、NCプログラム作成上

加工基準点が先の測定位置から直交3軸座標系内で変位した点の座標を予め記憶させた一定の演算式に従って演算手段により演算し、その演算値から得た加工基準点の変位量によってNC装置に設定されている加工基準点の座標を補正し、補正後のワーク加工基準点に基づいてNCプログラムに従って非傾斜ワーク面と同様にNC加工を遂行可能にする手段を構成したものである。また、ワークテーブルに2つの旋回軸線周りの機能を付与して5軸NC工作機械にすると、上記の2つの相互に直角な旋回軸を1点で交叉する直交状態に組み立てることが極めて工作機械の組立を煩瑣にし、緻密した組立技術とコスト高とを要することになるため、本発明は、この2つの軸のずれ量を予め組立終了時に測定し、測定結果から上記演算式を補正する手段を設けた構成を採っている。

即ち、本発明によれば、静止機台に設けた直交3軸座標系(X軸、Y軸、Z軸)内で工具主軸とワークテーブルとが相対直線移動可能に設けられると共にその直交3軸座標系内において相互に直

角な2軸線周りに(A軸、B軸)に前記ワークテーブルが旋回可能に設けられてワークをNCプログラムに従って加工する5軸NC工作機械において、上記直交3軸座標系内の被測定点のX、Y、Z座標値を測定する測定手段と、

上記直交3軸座標系における上記ワークの旋回用A軸、B軸の2軸心の位置の座標値を予め記憶する第1の記憶手段と、

上記A軸、B軸を所定の姿勢位置に位置決めしたときの上記ワークテーブル上に取付けられたワークの加工基準点位置を上記測定手段によって測定した上記直交3軸座標系における測定座標値を記憶する第2の記憶手段と、

上記ワークテーブルを上記A軸、B軸の上記所定姿勢位置から予め与えられるワークの加工姿勢位置まで割出し旋回させたときに、その割出し旋回角度と上記第1の記憶手段に記憶された上記A軸、B軸の2軸心の座標値と上記第2の記憶手段に記憶されたワークの加工基準点の測定座標値とから、割出し旋回後の上記ワークテーブル上のワ

ークの加工基準点位置を所定の演算式に従って算出する演算手段と、

上記演算手段で算出されたワークの加工基準点位置を前記NCプログラムの加工原点位置として取込み、上記工具主軸とワークとの間の相対送り量を制御するNC装置とを、

具備して構成され、上記ワークテーブルを割出し旋回させることにより加工姿勢位置に設定されたワークをNCプログラムに基づき加工する構成を備えた5軸NC工作機械を提供するものである。

#### 〔作用〕

上述の構成によれば、和々の傾斜面を有した多面性のワークを5軸NC工作機械で加工するときに、傾斜した加工面の加工時にはワークテーブルのA軸またはB軸を旋回させて該傾斜した加工面を工具主軸に対して垂直姿勢位置に設定し、このときにNC装置ではワークテーブルの旋回動作に伴ってワークの加工基準点を補正する演算作用を実行させ、補正後の加工基準点位置に基づきNCプ

ログラムによるNC加工を実行するから、複雑な多面性のワークのNC加工も直交3軸座標系のX、Y、Zの3軸で記述した比較的簡単なNCプログラムによって旋回させることができるのである。

以下、本発明を添付図面に示す実施例に基づいて更に詳細に説明する。

#### 〔実施例〕

第1図は、本発明による5軸NC工作機械の概略的な構成を示したブロック図、第2図は、本発明の1実施例による5軸NC工作機械の工具主軸とワークテーブルとの構成を示した斜視図、第3図は本発明の他の実施例による5軸NC工作機械の工具主軸とワークテーブルとの構成を示した斜視図、第4図は、水平軸線周りに旋回可能な旋回基台上に被軸線周りに旋回可能な旋回ワーク台が設けられた構造のワークテーブルを水平姿勢にした上にワークが取付けられワークの加工基準点の測定を実行する状態を示した斜視図、第5図は第4図の状態から傾斜した状態を示す斜視図、第6

図は第2図に示した5軸NC工作機械のワークテーブルの2つの旋回軸、A軸とB軸との軸心のずれを測定に依って求める原理を説明する図、第7図は第3図に示した5軸NC工作機械のワークテーブルの2つの旋回軸、A軸とB軸との軸心のずれを測定に依って求める原理を説明する図、第8図は演算過程のフローチャート、第9図は第8図の演算過程の詳細プロセスのフローチャートである。

まず、第2図と第3図とを参照すると、本発明の2つの実施例に係る5軸NC工作機械の構成が示されている。2つの実施例において同一の要素部分は同一の参照番号で示してある。

5軸NC工作機械は、床面に設置されるベース部12を一体にして有した静止機台14上にコラム16が立設され、このコラム16に工具主軸18が水平方向に軸心を有した傾斜主軸として設けられている。2つの実施例は、何れもコラム16が静止機台14に対して工具主軸18の軸心と一致したZ軸方向にZ軸モータMzの駆動により送

り移動可能であり、また、コラム16上で工具主軸18は上記Z軸と直交するY軸方向にY軸モータMyの駆動により送り移動可能に設けられている。また、工具主軸18は主軸モータMsの駆動により主軸回転を行うように設けられている。

他方、上記コラム16が立設された静止組合14に対して略T字形に一体構造で配設された同静止組合14のT字台部分にはテーブルベース30が上記Y軸、Z軸の両軸に対して直交するX軸方向にX軸モータMxの駆動により横送り移動可能に設けられている。つまり、組合14に関して3つの直交軸、X軸、Y軸、Z軸の3軸により3次元の直交3軸座標系が設けられ、工具主軸18とテーブルベース30とはこの直交3軸座標系でコラム16を介して相対的に送り移動可能に設けられているのである。このような直交3軸座標系における送り移動機構は周知のNC工作機械と同様な構成であるが、本発明が対象とするNC工作機械は、更に、上記直交3軸座標系内で上記テーブルベース30上に設けられたワークテーブル32

が構成になっている。上記第2の旋回ワーク台36は2つのA軸サポート38、38に装着された回転軸受（図示に現れない。）を介して旋回する構成にある。

本発明は、勿論、上述した2実施例に限るものではなく、工具主軸18とワークテーブル32とが静止組合14に設けた直交3軸座標系内で相対的に直交3軸方向に送り移動可能に設けられ、かつ、同直交3軸座標系内でワークテーブル32が互いに直角を成す2つの軸心周りに旋回可能であることが基本条件であり、従って、例えば、工具主軸18が図示の2実施例と異なり、縦方向の軸心を有した立形主軸の構成の場合や、ワークテーブル32がテーブルベース30を介してX軸方向に横送り動作する構成に換え、コラム16が横送り動作機能を有した構成とする場合も本発明が適用可能な5軸NC工作機械に含まれるのである。また、X、Y、Zの直交3軸形NC工作機械のワークテーブル上にアタッチメントとしてNCロータリーワークテーブルを2段重ねてA軸、B軸

が、互いに直角な2つの軸線周りでA軸、B軸方向に旋回可能な設けられている。

第2図に示す第1の実施例では、ワークテーブル32は組立時に上記X軸と正確に平行に心出し設定されたA軸心周りに旋回可能な第1の旋回基台34上に、該A軸心と設計上は直角配設のB軸心周りに旋回可能に第2の旋回ワーク台36が取付けられ、この第2の旋回ワーク台36上にパレット40を介してワークが取付けられる構成を具している。そして、上記第1の旋回基台34は2つのA軸サポート38、38に装着された回転軸受（図示に現れない。）を介して旋回する構成にある。

また、第3図に示した第2の実施例では、ワークテーブル32は組立時に上記Y軸と正確に平行に心出し設定されたB軸心周りに旋回可能な第1の旋回基台34上に、該B軸心と設計上は直角配設のA軸心周りに旋回可能に第2の旋回ワーク台36が取付けられ、この第2の旋回ワーク台36上にパレット40を介してワークが取付けられる

を構成した場合も、本発明が適用可能な5軸NC工作機械に含まれるのである。

なお、第2図、第3図には図示されていないが、夫々の5軸NC工作機械はNCプログラムに従って送り動作等の諸NC制御動作を遂行するNC装置を備え、また、自動工具交換装置（通常、ATCと呼称される）を備えて、複数の工具を工具マガジン内に有し、これらの複数の工具から所望の工具を上記NCプログラムに従って自動工具交換作用により工具主軸18に着脱、交換し、NC加工を実行する構成を備え、更に、上記工具マガジン内にはワークの加工基準点を測定する測定プローブも収納され、加工開始時等に工具主軸18にこの測定プローブを工具交換と同様にして装着し、ワークの加工基準点の測定を行ってNC装置に加工基準点の設定を行う構成に成っている点は従来のNC工作機械と同じである。

さて、本発明は上述した機械的構成を有した5軸NC工作機械により、複雑な多面性のワークをNCプログラムに基づき一連の加工工程で自動的に



にNC加工を遂行可能にするもので、このために第1図に示す施設手段を更に具備して構成されているものであり、これらの施設手段を備えた本発明の構成を以下に第2図、第3図に加えて第1図を参照することにより説明する。

本発明による5軸NC工作機械の構成においては、2つの旋回軸(A軸、B軸)の軸心の直交3軸座標系における座標値の測定値を記憶するワークテーブル座標値記憶手段(第1の記憶手段)52と、工具主軸18に装着される後述の測定プローブを有した測定手段50と、ワークテーブル32を所定の姿勢位置、例えば、A軸、B軸が非旋回の0°位置(ワーク取付け面が水平状態にある)に設定して上記測定手段50を用いて実行されるワークの加工基準点の直交3軸座標系における座標値の測定の結果を記憶する加工基準点記憶手段(第2の記憶手段)54と、上記ワークテーブル座標値記憶手段52と加工基準点記憶手段54との両者の記憶データと予め作成されたNCプログラム48から得るワークテーブル32の割出し旋

回角の値とからワークテーブル32の割出し旋回に伴うワークの加工基準点の変位後の直交3軸座標系における座標値を演算する変位加工基準点演算手段(演算手段)56と、NCプログラム48からの加工プログラムデータ、即ち数値制御データ及びワークテーブル割出し旋回角のデータと上記変位加工基準点演算手段56からの加工基準点の演算結果のデータを得て、送り制御量の算出とワークテーブル32の割出し旋回角の補間演算とを実行し、送り制御量や割出し旋回量の指令値を各駆動モータMx、My、MzやA軸、B軸の旋回駆動モータMa、Mb(後述する)へ送出するNC装置58とを具備し、当該NC装置58は加工基準点の座標を記憶するワーク座標系記憶手段60、上述の補間演算実行手段である補間演算手段62、補間演算結果により各軸の送りを制御する送り軸サーボ機構部64等を具備して構成されている。

ここで、第2図に示した実施例の5軸NC工作機械に具備されたワークテーブル32に関して同

ワークテーブル32の構成と同テーブル上に取付けられた被加工ワークWの加工基準点の測定方法に就いて、以下に第4図と第5図とに基づいて説明する。

ワークテーブル32は既述のように予めNC工作機械の組立段階でそのA軸心が直交3軸座標系のX軸と正しく平行に調整、設定されており、この調整自体は適宜の測定治具を用いることで容易に得ることができる。従って、ワークテーブル32の第1の旋回基台34の旋回軸、A軸心は正しくX軸と平行な状態にある。A軸の同第1の旋回基台34の旋回動作は駆動モータMaによって駆動され、この駆動モータMaは他のX、Y、Z軸の送り駆動モータMx、My、Mzと同様に周知のサーボモータにより形成され、前述したNC装置58から送出される動作指令に基づいて作動する。

第1の旋回基台34上に搭載された第2の旋回ワーク台36は既述のようにA軸心に対して直角を成す旋回軸、B軸心の周りに旋回可能に配設されており、設計上は1点で交叉する直交配置にあ

るが、ワークテーブル32の組立工程では、正確に直交配置とすることは高度の熟練度を要するため、ソフト手段的に両者の位置ずれを補正する後述の方法が取られるのである。第2の旋回ワーク台36上にはワークWが周知のパレット40を介して取付けられる。このワークWにはNCプログラムの作成に当たって加工開始点として用いられる加工基準点Pがワーク隅に決められており、この加工基準点Pを基準にしてNCプログラムのNC加工データに従って工具主軸18とワークW間で順次に相対的な送り動作をさせ、かつ工具主軸18を主軸モータMsで切削回転させれば、NCプログラム通りに所望の加工がワークWに付与されるのである。従って、加工の開始に当たっては、先ず、NC工作機械は、ワークの加工基準点Pが工具主軸18に対して直交3軸座標系における何処の座標位置に有るかを測定する必要がある。この測定は、先に第1図に示したNCプログラム48から測定手段50へ加工基準点Pの概略の座標値を供給することにより開始される。このとき、

測定は測定手段50の測定プローブ19を工具主軸18に装着し、その測定プローブ19の先端をワークWの加工基準点Pに向けて移動、接触させる方法が取られ、該移動は直交3軸座標系における3軸方向の送り動作により達成するため、測定プローブ19が加工基準点Pに接近、接触可能のように、ワークテーブル32はその第1の旋回基合34をA軸0°の位置に又、第2の旋回ワーク基合36をB軸0°の位置にした第4図に図示の水平姿勢位置を所定の位置として測定が遂行される。

なお、A軸を0°以外の姿勢位置として加工基準点Pの測定を行ったときは、加工基準点PをA軸0°で測定した場合と同様にするための換算補正の演算を行えば良い。

こうしてワークテーブル32を第4図に図示の所定の姿勢位置にしてワークWの加工基準点Pを測定プローブ19を有した測定手段50で測定した結果は、既述のように加工基準点記憶手段54内に記憶される。ワークWの加工面が工具主軸18の軸心に対して垂直な場合には、測定した加工基

準点Pの座標値を加工原点に設定してNCプログラムにより3軸方向に送り動作させれば、直ちにNC加工が達成されるのである。

然るに、ワークWの複雑な多面加工を実行する場合には、第5図に示すように、加工面W<sub>1</sub>を工具主軸18に垂直な面と成るように対向姿勢位置へ変位させる必要がある、そこでワークテーブル32の第1の旋回基合34と第2の旋回ワーク基合36とを夫々A軸、B軸方向に旋回させると、パレット40に取付けられたワークWは、第5図に示すように傾けられる。この結果、ワークWの加工基準点Pは、直交3軸座標系の3次元空間内で位置P'に変位してしまう。従って、加工面W<sub>1</sub>をNCプログラム48に従ってNC加工するには、変位後の加工基準点P'の座標値を見出し、この変位後の加工基準点P'を加工原点にして工具主軸18に装着した工具20でNC加工を行わなければ、所望のワーク加工を達成することはできない。従って本発明は、既に測定結果が記憶されているワークWの加工基準点Pの座標値やA軸及び

B軸の旋回角度値等のデータに基づいて迅速に一定の演算式によって演算することにより、上記変位後の加工基準点P'の直交3軸座標系における座標値を見出すのである。この場合に、本発明は、ワークテーブル32の第1の旋回基合34と第2の旋回ワーク基合36の夫々の旋回軸、つまりA軸心とB軸心とが両基合34、36の製造、組立の過程で固有的に位置ずれを生じていることを考慮して該ずれ量を予め組立完了時等に測定しておき、このずれ量を補正して、上記変位後の加工基準点P'の座標値の演算を行うのである。以下にワークテーブル32のA軸心とB軸心との位置ずれ量の測定方法を説明する。

第6図を参照すると、同図はA軸旋回する第1の旋回基合34上にB軸旋回する第2の旋回ワーク基合36を搭載している第2図の実施例における5軸NC工作機械に関して、A軸心とB軸心のずれを測定する原理を説明している。

第6図でA軸心とB軸心とのZ軸方向のずれ量をa、工具主軸18先端を送り移動によりZ軸の

原点位置に設定したときのB軸心との距離をh、A軸心からワークテーブル32上に搭載されたパレット40の水平上面までの距離をh、パレット40の水平上面から工具主軸18の先端中心までの距離をy、パレット40がA軸方向に工具主軸18側へ90°旋回されたときのB軸心と工具主軸先端の軸心までの距離をY、同パレット40の垂直上面から工具主軸18の先端までの距離をlとすると、ずれ量aは次の方法で求めることができる。

① ワークテーブル32のA軸の0°位置、つまり、同ワークテーブル32上に搭載されたパレット40の水平状態出しを行う。これは工具主軸18にダイヤルゲージを装着し、A軸心を跨ぐ2点の測定値を一致させることにより、簡単に達成できる。

② 次に、周知の円筒ゲージまたはリングゲージを用い、これをパレット40上に設定してB軸を旋回し、工具主軸18に取付けたダイヤルインジケータで追跡することによりB軸心を求める。

このゲージを利用してB軸心から工具主軸先端までの距離 $l$ を知ることができ、この距離 $l$ が予め決められた所定値 $l_k$ になるまで工具主軸18をZ軸方向に送り後退させ、その点をZ軸原点とする。

またB軸心と工具主軸18の軸心とのX軸方向位置を一致させ、この点をX軸原点とする。

③ 次にパレット40上にゲージを設定したままA軸を90°工具主軸側に回転させて位置決めする。

④ 次に、パレット40上に設定してある円筒ゲージまたはリングゲージを利用して、パレット0が垂直な状態でのB軸心と工具主軸18の中心軸線との距離 $Y$ を知ることができる。

⑤ 更に前述の②の工程と同じように、距離 $Y$ が予め決められた所定値 $Y_k$ になるまで工具主軸18をY軸方向に上昇させ、その点をY軸原点とする。

⑥ ここでパレット40の垂直上面からZ軸原点に工具主軸18の先端が位置している状態での該先端までの距離 $l$ を実測する。

A軸とB軸は1点で交叉して直交している関係にあるものとして演算を実行でき、故に、変位後の加工基準点 $P'$ の座標値を正確に算出することができるのである。複数台製作する5軸NC工作機械のA軸心とB軸心とのずれ量 $a$ は個々に異なる。従って、ワークテーブル座標値記憶手段52にはA、B両軸心の設計上の座標値を予め記憶しておき、実際に製作して上記手段で求めたずれ量 $a$ を個々の機械についてパラメータ入力として前記ワークテーブル座標値記憶手段52に入力し、次の変位加工基準点演算手段56へ出力する時は、設計座標値とずれ量 $a$ とを加味するようにしておけば良い。

なお、第7図は第3図に示した5軸NC工作機械のワークテーブル32、つまり、B軸旋回台34の上にA軸旋回ワーク台36が搭載された構成においてA軸とB軸とのずれ量 $a$ を求める場合の原理図を示しており、夫々の既知量、測定量を第6図と同様に取ると、上述の①から⑦までの測定手順と同様な手順に従うことにより、

⑦ その後、A軸を0°位置に戻し、位置決めする。そして、パレット水平上面からY軸原点状態の工具主軸18の先端までの距離 $y$ を実測する。

第6図より、次の関係式(1)、(2)が成立するから、 $L$ 、 $l$ 、 $Y$ 、 $y$ の上記既知量、実測値を代入すると、A軸心とB軸心とのずれ量 $a$ とA軸心からパレット40の上面までの距離 $h$ を連立方程式(3)、(4)を解くことにより求めることができる。

$$a + L = h + l \rightarrow h - a = L - l \dots (1)$$

$$Y = a + h + y \rightarrow h + a = Y - y \dots (2)$$

∴

$$h = 1/2 (L - l + Y - y) \dots (3)$$

$$a = Y - y - h \dots (4)$$

こうして求めたA軸心とB軸心のずれ量 $a$ を予め第1図のワークテーブル座標値記憶手段52に記憶しておけば、実際のワークWのNC加工過程で加工基準点 $P$ が $P'$ へ変位した際に該 $P'$ 点の座標値を演算する過程で、上記ずれ量 $a$ を導入して

上記(3)式、(4)式と同一の式により、A軸心とパレット40の上面までの距離 $h$ 、A軸心とB軸心とのずれ量 $a$ を得ることができる。

上述のようにしてワークテーブル32の旋回軸である、A軸心とB軸心のZ軸方向のずれ量 $a$ の値が得られれば同ワークテーブル32の旋回軸、A軸、B軸の夫々に関し、図14の直交3軸座標系における座標値が第6図、第7図に図示の寸法関係から決定することができる。ここで直交3軸座標系の原点(0,0,0)は、X軸が工具主軸中心とB軸心とが一致した点、Y軸はA軸が-90°のときのB軸中心から工具主軸中心までの距離が $Y$ の点、Z軸はA軸が0°のときのB軸中心から工具主軸先端までの距離が $L$ の点と定義する。即ち、旋回軸、A軸心は直交3軸座標系の原点(0,0,0)に対して元々X軸に正確に平行に設定されているから座標値は( $Y_a, Z_a$ )を有し、このA軸心に対して直角を成すと共にZ軸方向にずれ量 $a$ を有するB軸心の座標値は( $X_b, Z_b$ )を有し、これらの座標値は、第6図又は第7図から分かるように、

$$Y_a = Y - a, \quad Z_a = L + a \quad \dots (5)$$

$$X_b = 0, \quad Z_b = L \quad \dots (6)$$

となる(ここでB軸心がA軸心と工具主軸18との間にあるときaは正とする)。

以上のようにしてワークテーブル32の旋回軸であるA軸、B軸の直交3軸座標系における座標値が確定すると、このワークテーブル32上にパレット40を介して取付けられる被加工ワークWの加工基準点Pが、同ワークテーブル32のA軸、B軸の旋回によって変位した点P'の直交3軸座標系における座標値は、下記の式から定まる。

即ち、A軸の旋回角を $\alpha$ 、B軸の旋回角を $\beta$ ( $\alpha$ 、 $\beta$ は例えば時計周り方向をプラス値と予め定める)とし、又、ワークテーブル32のA軸、B軸の旋回角 $\alpha$ 、 $\beta$ が夫々0°であるときに、同ワークテーブル32上のワークWの加工基準点Pの直交3軸座標系における座標値を( $x$ ,  $y$ ,  $z$ )、変位後(A軸、B軸が $\alpha$ 、 $\beta$ だけ旋回したとき)の加工基準点P'の座標値を( $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ )とすると、第2図に示したワークテーブル32の構

$$y' = (y - Y_a) \cos \alpha + (z - Z_a) \sin \alpha + Y_a \quad \dots (11)$$

$$z' = (x - X_b) \sin \beta - (y - Y_a) \sin \alpha \cos \beta + (z - Z_a) \cos \alpha \cos \beta - (Z_b - Z_a) \cos \beta + Z_b \quad \dots (12)$$

が得られる。

依って、これらの式(7)~(9)又は(10)~(12)を用いることにより、変位後のワークWの加工基準点P'の直交3軸座標系における座標値を演算することができるのである。そして、この演算は第1図における変位加工基準点演算手段56へNC加工プログラム48からワークテーブル32のA軸、B軸の旋回角 $\alpha$ 、 $\beta$ を読出し、ワークテーブル座標値記憶手段52からA軸、B軸の直交3軸座標系における前記の座標値( $Y_a$ ,  $Z_a$ )、( $X_b$ ,  $Z_b$ )を讀出し、加工基準点記憶手段54からワークテーブル32のA軸、B軸が夫々、所定の姿勢位置、つまり、0°位置で測定手段50で測定した加工基準点Pの座標値( $x$ ,  $y$ ,  $z$ )を讀出して上記の演算式に従って演算を実行すれば良

成の場合には、先ず、B軸を $\beta$ °旋回させた場合の加工基準点Pが変位位置、次いで、その変位位置からA軸を $\alpha$ °旋回させて変位位置P'に到達するものとして三角関数を用いて解析すると、

$$x' = (x - X_b) \cos \beta - (z - Z_b) \sin \beta + X_b \quad \dots (7)$$

$$y' = (x - X_b) \sin \alpha \sin \beta + (y - Y_a) \cos \alpha + (z - Z_b) \sin \alpha \cos \beta + (Z_b - Z_a) \sin \alpha + Y_a \quad \dots (8)$$

$$z' = (x - X_b) \cos \alpha \sin \beta - (y - Y_a) \sin \alpha + (z - Z_b) \cos \alpha \cos \beta + (Z_b - Z_a) \cos \alpha + Z_a \quad \dots (9)$$

が得られる。

他方、第3図に図示したワークテーブル32の場合には、同様に解析すると、

$$x' = (x - X_b) \cos \beta + (y - Y_a) \sin \alpha \sin \beta - (z - Z_a) \cos \alpha \sin \beta + (Z_b - Z_a) \sin \beta + X_b \quad \dots (10)$$

いのである。

ここで第1図を再び参照すると、上記変位後のワークWの加工基準点P'の演算値はNC装置58のワーク座標系記憶手段60に記憶され、この変位後の加工基準点P'を加工原点として多面性のワークWの傾いた面W<sub>1</sub>(第5図参照)のNC加工が実行される。即ち、NCプログラムから加工プログラムを讀出し、補間演算手段62で工具主軸18とワークテーブル32上のワークWとの相対送り動作量を補間演算し、同時にNCプログラム48からワークテーブル32の各旋回軸、A軸、B軸の旋回角度を讀出して補間演算し、夫々の補間演算値に従って送りサーボ機構部64から送りモータM<sub>x</sub>~M<sub>z</sub>、M<sub>a</sub>、M<sub>b</sub>へ指令値を送出してNC加工を遂行するものである。つまり多面性のワークWの傾斜した面W<sub>1</sub>のような機械加工も工具主軸18に垂直に対向する位置へワークテーブル32により傾斜させて、X、Y、Zの3軸で記述した比較的簡単なNCプログラムにより一連のNC加工工程として機械加工を行うことがで

きるのである。なお、第5図のようにA軸またはB軸を旋回後の加工基準点P'の座標値を測定プローブ19で実測するのが困難なので、この様なプロセスを經由するのである。

図示した第1図の本発明に係る磨削機手段に依って実行されるワークWの加工基準点Pの変位後の座標値P'を演算、設定するまでの一連のプロセスを示したものが第8図のフローチャートである。

第8図において、プロセス①におき、ワークWの加工基準点Pの測定に当たり、ワークテーブル32の旋回軸、A軸、B軸が0°（所定の姿勢位置）に有る状態でNCプログラム48から測定手段50へ予め大凡の加工基準点Pの座標（ $x_0, y_0, z_0$ ）を指示される。次いで、測定手段50はその測定プローブ19（第4図）を駆使して加工基準点Pの正確な座標値（ $x, y, z$ ）をプロセス②において測定する。その測定結果は、加工基準点記憶手段54に記憶される（プロセス③）。次いで、変位加工基準点P'の演算手段56は、NC

プログラム48からワークテーブル32の割出し旋回のための角度 $\alpha, \beta$ （つまり、ワークWの傾斜した面W<sub>1</sub>を工具主軸18に垂直に対向させる位置までの割出し旋回）を読み出し、又、ワークテーブル座標値記憶手段52から予め測定、記憶されたA軸心、B軸心の直交3軸座標系における座標値を読み出す（プロセス④）。斯くして、上記演算手段56は、割出し旋回による変位後の加工基準点P'の座標値を測定したP点の座標値を基にして演算する（プロセス⑤）。そして、演算後の加工基準点P'の座標値（ $x', y', z'$ ）をワーク座標系記憶手段60に記憶、設定して（プロセス⑥）加工基準点P'の演算プロセスを終了する。

なお、上述した第8図のフローチャートのプロセスにおいては、演算プロセス⑤を更に詳細に図示したものが第9図のフローチャートである。

この第9図のフローチャートでは、プロセス⑦～⑩が第2図に示した実施例の5軸NC工作機械におけるワークテーブル32を有した機械形態に

関し、プロセス⑦～⑩が第3図に示した実施例の5軸NC工作機械におけるワークテーブル32を有した機械形態に関するものである。これらのプロセスにおいて、加工基準点Pが、ワークテーブル32のA軸、B軸が0°位置を所定位置として測定手段50で測定した場合にはプロセス⑦、プロセス⑧の各工程は省略されるが、ワークテーブル32のA軸、又はB軸を0°以外の位置を所定姿勢位置に設定して初期のワークWの加工基準点Pの測定が実行されたときには、プロセス⑦及びプロセス⑧のように、加工基準点PをA軸0°又はB軸0°に戻したときの座標値に換算、演算するプロセスが必要になる。なお、プロセス⑧、⑨又はプロセス⑩、⑪から理解できるように、演算過程は、前述の（7）式～（12）式に関して図示したように、A軸、B軸を順次に角度 $\alpha, \beta$ 旋回させながら加工基準点Pがどのように点P'へ変位するかを順次に演算する方法で演算が実行され、（7）～（9）式または（10）～（12）式を直ちに演算する方法には依らない。勿論、これら

の式（7）から（12）式を適宜の記憶手段に記憶させ、該式に従って直接的に演算する方法を採用しても良いことは言うまでもない。

なお、以上の説明では5軸NC工作機械のワークテーブル32が組合に設定した直交3軸座標系において、2つの旋回軸、A軸、B軸を有し、かつ、そのA軸心とB軸心とが位置ずれを固有的に有していることも考慮して複雑、多面性のワークWの和々傾斜する面を加工する場合に加工基準点が所定の姿勢位置からテーブル割出し傾斜の結果、どのような座標点に変位したかを演算設定し、NCプログラムにより、非傾斜面共々に一連のNC加工を実行するときには就いて説明したが、多数の同種ワークを次々と加工するときには、各ワークWがワークテーブル32上の定位位置に常に取付けられることはないから、各ワークWの加工基準点Pの座標値を測定手段50で測定し、A軸、B軸の旋回後の加工基準点P'の座標値を演算で求め、その点P'を加工原点にしてNC加工すると、取付け位置ずれは補正され、同一のNCプログラム

で均一な加工が同和ワークに施せることは、容易に理解できよう。

#### 〔発明の効果〕

以上、本発明を実施例に基づいて説明したが、本発明は、5軸NC工作機械のワークテーブル上に取付けられた多面形の被加工ワークを加工する場合には、該ワークの加工基準点を例えば、該ワークテーブルのワーク取付け面が工具主軸の軸心と平行又は垂直な姿勢を特定姿勢位置として当該特定姿勢位置で測定手段により測定し、ワークの傾斜した被加工面を工具主軸に垂直な姿勢までワークテーブルをその2つの旋回軸周りに旋回させたときには、加工基準点が先の測定位置から直交3軸座標系内で変位した点の座標を、予め記憶させた一定の演算式に従って演算手段により演算し、その演算値から得た加工基準点の変位量によってNC装置に設定されている加工基準点の座標を補正し、補正後のワーク加工基準点に基づいてNCプログラムに従って非傾斜ワーク面と同様にNC

加工を遂行可能にする手段を形成したから、直交、多面性のワークの加工もX、Y、Zの3軸で記述した比較的簡単なNCプログラムに基づいて一辺のNC加工として実行でき、故に、工具主軸に対して元来、垂直に対向していない面の加工も垂直に対向している面の加工を逆鋭工程で加工でき、プログラムの簡略化が得られると共にワーク加工の設取り設階からNC加工の完了までの總加工時間を大幅に短縮することができる効果を奏するのである。

更に、ワークテーブルの割出し旋回に当たり、本発明では、同ワークテーブルの旋回軸、A軸、B軸の心ずれ量 $a$ を予め測定し、これを記憶データとしてワークの加工基準点の変位後の座標値の演算を実行するから、多面性ワークの何れの面を工具主軸に垂直に対向する姿勢位置まで割り出し、正しく変位後の加工基準点の座標値を演算、設定し、この正確な加工基準点を加工原点としてNC加工プロセスを実行できることとなり、故に、高精度の5軸NC加工を実現できる効果を得るこ

とができる。

しかも、その結果、複雑、多面を有したワーク加工が達成できることは、単に航空機部品等の特殊なワークの加工ばかりでなく、和々の製品に複雑な多面を有した形状を付与することが比較的簡単に可能となり、製品のデザイン性の向上等にも大きく寄与できる効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明による5軸NC工作機械の概略的な構成を示したブロック図、第2図は、本発明の1実施例による5軸NC工作機械の工具主軸とワークテーブルとの構成を示した斜視図、第3図は本発明の他の実施例による5軸NC工作機械の工具主軸とワークテーブルとの構成を示した斜視図、第4図は、水平軸周りに旋回可能な旋回基台上に傾軸周りに旋回可能な旋回ワーク台が設けられた構造のワークテーブルを水平姿勢にした上にワークが取付けられワークの加工基準点の測定を実行する状態を示した斜視図、第5図は第

4図の状態から傾斜した状態を示す斜視図、第6図は第2図に示した5軸NC工作機械のワークテーブルの2つの旋回軸、A軸とB軸との軸心のずれを測定によって求める原理を説明する図、第7図は第3図に示した5軸NC工作機械のワークテーブルの2つの旋回軸、A軸とB軸との軸心のずれを測定によって求める原理を説明する図、第8図は演算過程のフローチャート、第9図は第8図の演算過程の詳細プロセスのフローチャート。

14…基台、16…コラム、18…工具主軸、19…測定プローブ、20…工具、32…ワークテーブル、34…第1の旋回基台、36…第2のワーク旋回台、48…NCプログラム、50…測定手段、52…ワークテーブル座標値記憶手段、54…加工基準点記憶手段、56…変位加工基準点演算手段、58…NC装置、60…ワーク座標系記憶手段、62…補間演算手段、64…送りサーボ駆動部、W…ワーク、P…加工基準点。P'…変位後の加工基準点。